



日 本 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

P201-0078
CFZ 00085
RECEIVED
JUL 10 2001
TECHNOLOGY CENTER 2000

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月21日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-045536

出 願 人

Applicant(s):

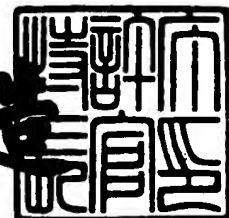
株式会社エム・アール・システム研究所

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 5月11日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3037580

【書類名】 特許願

【整理番号】 MR12123

【提出日】 平成13年 2月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 7/00

【発明の名称】 位置姿勢の決定方法及び装置並びに記憶媒体

【請求項の数】 22

【発明者】

【住所又は居所】 横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花咲ビル 株式会社エム・アール・システム研究所内

【氏名】 内山 晋二

【発明者】

【住所又は居所】 横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花咲ビル 株式会社エム・アール・システム研究所内

【氏名】 佐藤 清秀

【特許出願人】

【識別番号】 397024225

【氏名又は名称】 株式会社エム・アール・システム研究所

【代理人】

【識別番号】 100076428

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 康德

【電話番号】 03-5276-3241

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-364230

【出願日】 平成12年11月30日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9712688

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 位置姿勢の決定方法及び装置並びに記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 3 次元位置が既知である複数の特徴点の存在する現実空間において、当該現実空間を撮像する撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを同定する位置姿勢決定装置であって、

前記撮像手段の位置姿勢を撮像された映像を利用する以外の方法で計測する位置姿勢計測手段と、

前記撮像手段により撮像された現実空間の映像より前記複数特徴点及びその撮像面上での 2 次元位置を検出する検出手段と、

前記位置姿勢計測手段により計測された前記撮像手段の位置姿勢に基づいて前記複数特徴点の撮像面上での 2 次元位置を予測する予測手段と、

前記撮像手段の撮像面上における前記予測手段による前記特徴点の位置と、前記検出手段による前記特徴点の位置とに基づいて、前記撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを補正する補正手段とを備え、

前記補正手段により前記パラメータを補正することで、現実空間を撮像する撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを同定することを特徴とする位置姿勢決定装置。

【請求項 2】 前記 3 次元位置が既知である複数の特徴点として、人工的に貼り付けたマーカを用いることを特徴とする請求項 1 に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 3】 前記 3 次元位置が既知である複数の特徴点として、前記現実空間中に元来存在している点であって、前記検出手段にて撮像面上での 2 次元位置を検出することが可能である点を用いることを特徴とする請求項 1 に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 4】 更に前記撮像手段により撮像された現実空間の映像に他の画像を重畳表示することを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれか 1 項に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 5】 前記他の画像は仮想物体の描画画像であることを特徴とする

請求項 4 に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 6】 前記位置姿勢計測手段は、前記撮像手段の位置姿勢を計測するセンサであることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 7】 前記センサは、前記撮像手段の 3 次元位置姿勢を計測する磁気センサであることを特徴とする請求項 6 に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 8】 前記補正手段は、前記撮像手段が回転、もしくは平行移動のいずれかを行うように前記パラメータを補正することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 9】 前記補正手段は、前記撮像手段の前記パラメータを回転変換と平行移動の組み合わせにて補正することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 10】 前記補正手段は、前記撮像手段の前記パラメータを回転変換と平行移動の組み合わせを交互に複数回行い、補正することを特徴とする請求項 9 に記載の位置姿勢補正装置。

【請求項 11】 前記補正手段は、前記撮像手段が回転するように前記パラメータを補正した後に、前記現実空間中の特徴点の位置と補正後のカメラの位置姿勢から、再度撮像面上での特徴点の 2 次元位置を予測し直し、更に前記撮像手段が平行移動するようにパラメータを補正することを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 12】 前記補正手段は、前記撮像手段が平行移動するようにパラメータを補正した後に、前記現実空間中の特徴点の位置と補正後のカメラの位置姿勢から、再度撮像面上での特徴点の 2 次元位置を予測し直し、更に前記撮像手段が回転するようにパラメータを補正することを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の位置姿勢補正装置。

【請求項 13】 前記補正手段は前記予測手段による特徴点の位置を用いた前記撮像手段の撮像面上の第 1 の平均値、及び前記検出手段により検出された特徴点の前記撮像手段の撮像面上の位置の第 2 の平均値を算出し、前記第 1 の平均値が前記第 2 の平均値に一致するように前記パラメータを補正することを特徴と

する請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 1 4】 前記補正手段は前記予測手段による特徴点の位置を用いた前記撮像手段の撮像面上の第 1 の重み付け平均値、及び前記検出手段により検出された特徴点の前記撮像手段の撮像面上の位置の第 2 の重み付け平均値を算出し、第 1 の重み付け平均値が第 2 の重み付け平均値に一致するように前記パラメータを補正することを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 1 5】 前記補正手段は、前記撮像手段の前記パラメータを回転変換と平行移動の組み合わせを交互に複数回行う場合に、前記予測手段による特徴点の補正後の位置と撮像面上での特徴点位置との誤差の平均、もしくは重み付け平均が十分に小さくなる、もしくは誤差が減少しなくなるまで繰り返すことを特徴とする請求項 1 3 又は 1 4 に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 1 6】 前記補正手段が前記撮像手段が回転するように前記パラメータを補正する場合、前記予測手段により予測される位置の特徴点と前記検出手段により検出された特徴点との対応をとり、前記予測手段による特徴点の位置を用いた前記撮像手段の撮像面上の位置が前記検出手段による特徴点の前記撮像手段の撮像面上の位置に一致するような回転軸と回転角を全ての対応のとれた特徴点毎に求め、対応のとれた特徴点毎に求めた回転軸と回転角夫々の平均値を用いて前記パラメータの補正を行うことを特徴とする請求項 1 3 に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 1 7】 前記補正手段が前記撮像手段が回転するように前記パラメータを補正する場合、前記予測手段により予測される位置の特徴点と前記検出手段により検出された特徴点との対応をとり、前記予測手段による特徴点の位置を用いた前記撮像手段の撮像面上の位置が前記検出手段による特徴点の前記撮像手段の撮像面上の位置に一致するような回転軸と回転角を全ての対応のとれた特徴点毎に求め、対応のとれた特徴点毎に求めた回転軸と回転角夫々の重み付け平均値を用いて前記パラメータの補正を行うことを特徴とする請求項 1 4 に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 1 8】 前記補正手段は前記撮像手段が平行移動するように前記パ

ラメータを補正する場合、前記予測手段により予測される位置の特徴点と前記検出手段により検出された特徴点との対応をとり、前記予測手段による特徴点の位置と前記検出手段による特徴点の位置との差分を対応のとれた特徴点毎に求め、対応のとれた特徴点毎に求めた前記差分の平均値を用いて前記パラメータの補正を行うことを特徴とする請求項 1 3 に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 1 9】 前記補正手段は前記撮像手段が平行移動するように前記パラメータを補正する場合、前記予測手段により予測される位置の特徴点と前記検出手段により検出された特徴点との対応をとり、前記予測手段による特徴点の位置と前記検出手段による特徴点の位置との差分を対応のとれた特徴点毎に求め、対応のとれた特徴点毎に求めた前記差分の重み付け平均値を用いて前記パラメータの補正を行うことを特徴とする請求項 1 4 に記載の位置姿勢決定装置。

【請求項 2 0】 3 次元位置が既知である複数の特徴点の存在する現実空間において、当該現実空間を撮像する撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを同定する位置姿勢決定方法であって、

前記撮像手段の位置姿勢を撮像された映像を利用する以外の方法で計測する位置姿勢計測工程と、

前記撮像手段により撮像された現実空間の映像より前記複数特徴点及びその撮像面上での 2 次元位置を検出する検出工程と、

前記位置姿勢計測工程により計測された前記撮像手段の位置姿勢に基づいて前記特徴点の撮像面上での 2 次元位置を予測する予測工程と、

前記撮像手段の撮像面上における前記予測工程による前記複数特徴点の位置と、前記検出工程による前記特徴点の位置とに基づいて、前記撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを補正する補正工程とを備え、

前記補正工程により前記パラメータを補正することで、現実空間を撮像する撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを同定することを特徴とする位置姿勢決定方法。

【請求項 2 1】 請求項 2 0 に記載の位置姿勢決定方法を実行するプログラムコード。

【請求項 2 2】 請求項 2 1 に記載のプログラムコードを格納する記憶媒体

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、現実空間にコンピュータグラフィックス等の他の空間の画像を合成する画像処理を実行するにあたり、当該現実空間を撮像する撮像装置の撮像された映像を利用する以外の方法で計測した位置姿勢を示すパラメータを撮像した映像の情報を基に同定する撮像装置の位置姿勢を決定する処理装置及びその方法並びに記憶媒体に関するものである。また、撮像装置の位置姿勢を決定する用途であれば、現実空間に他の空間画像を合成する目的以外にも利用可能である。

【0002】

【従来の技術】

現実空間の画像とコンピュータグラフィックス等の非現実空間の画像を合成するAR（複合現実感）において、カメラを用いて現実空間を撮像する際、撮像する映像を利用する以外の方法、例えば磁気センサ等の位置姿勢センサによるカメラの位置の計測ではその精度が不十分であった。そのためにこのセンサによるカメラの位置姿勢に基づいて仮想物体を現実空間に重畳表示しようとする、と、所望の位置よりずれて表示されることがあった。

【0003】

そのために従来では、現実空間を撮像するカメラの外部パラメータ（位置姿勢）の精度を向上させる方法として、いくつか提案されてきた。その一つとして現実空間に3次元位置が既知である特徴点（ランドマーク）を複数配置しておき、カメラにより撮像され、カメラの表示面に表示されたいくつかのランドマークのうち、注目ランドマークの実際の位置とこのときのカメラの位置姿勢により予測される注目ランドマークの位置との誤差を用いてカメラの外部パラメータを補正する方法があった。

【0004】

ここで注目ランドマークとして、人工的に特定の色や形の情報を持ったシール状のものなどを現実空間中の物体に貼り付けたマーカを用いても良いし、自然シ

ーン中の特徴的な点をランドマークとしても良い。

【0005】

又その他の方法として、現実空間に複数のランドマークがあるとき、カメラにより撮像された視野内の3つ（ないしは1～2つ）のランドマークと位置姿勢センサの計測値とを同時に用いて、現実空間（3次元空間）からカメラの表示面（2次元平面）への射影行列を行列演算により求め、求めた行列を用いてカメラの外部パラメータの補正を行う方法があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかし従来の方法において前者の方法は注目ランドマークに基づいてカメラの外部パラメータの補正を行うので、例えば注目ランドマークから遠く離れた位置に仮想物体を重畳表示する場合、所望の位置よりずれて表示される場合がある。また、カメラの視野範囲の変更により注目ランドマークが切り替わり変更されるので、その切り替わりの時に補正值が大きく変更される場合がある。

【0007】

一方、従来の方法において後者の方法では、求めた射影行列が元の座標系の座標軸の直交性を損なう写像を行う場合があり、例えばランドマークの検出精度によっては空間のひずみを生じる問題があった。

【0008】

本発明は以上の問題に鑑みてなされたものであり、撮像されたランドマークを反映して特にカメラの位置姿勢を示すパラメータの補正を行うことを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明の目的を達成するために、例えば本発明の位置姿勢決定装置は以下の構成を備える。

【0010】

すなわち、3次元位置が既知である複数の特徴点の存在する現実空間において、当該現実空間を撮像する撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを同定する位置

姿勢決定装置であって、前記撮像手段の位置姿勢を撮像された映像を利用する以外の方法で計測する位置姿勢計測手段と、前記撮像手段により撮像された現実空間の映像より前記複数特徴点及びその撮像面上での2次元位置を検出する検出手段と、前記位置姿勢計測手段により計測された前記撮像手段の位置姿勢に基づいて前記特徴点の撮像面上での2次元位置を予測する予測手段と、前記撮像手段の撮像面上における前記予測手段による前記特徴点の位置と、前記検出手段による前記特徴点の位置とに基づいて、前記撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを補正する補正手段とを備え、前記補正手段により前記パラメータを補正することで、現実空間を撮像する撮像手段の位置姿勢を示すパラメータを同定する。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下添付図面を参照して、本発明をその好適な実施形態に従って詳細に説明する。

【0012】

〔第1の実施形態〕

まず従来の方法において、現実空間に複数のランドマークがあるとき、カメラにより撮像され、カメラの表示面に表示されたいくつかのランドマークのうち、注目ランドマークの実際の位置と、このときの別の位置姿勢センサにより得られるカメラの位置姿勢により予測される注目ランドマークの位置との誤差を用いてカメラの外部パラメータを補正する方法について説明し、次にこの方法を複数のランドマークに対して用いた本実施形態における方法について説明する。

【0013】

<従来の方法>

図1は上述の従来の方法を説明する模式図である。点Aはカメラの位置姿勢に基づいて予測されるランドマークの位置、点Bはこのランドマークの実際の位置、点Cはカメラ視点の位置を示す。なお点A、点Bが示す位置はカメラ座標系における位置であって、点Cはカメラ座標系の原点である。また、点Pは撮像面上における点Aの位置、点Qは撮像面上における点Bの位置を示す。ここで同図の通り、点P、Qの座標を夫々 (X_p, Y_p) 、 (X_q, Y_q) 、撮像面の幅、高

さを夫々 w 、 h 、カメラの焦点距離（点 C と撮像面との距離）を d とし、 v_1 を点 C から点 Q へのベクトル、 v_2 を点 C から点 P へのベクトル、 θ をベクトル v_1 、 v_2 のなす角とする。

【0014】

このとき、撮像面においてカメラの位置姿勢により予測されるランドマークの位置と実際の位置とではずれ（誤差）があり、このずれを補正するのに2種類の方法がある。すなわち、カメラの位置は固定して姿勢を θ だけ点 B 方向から点 A 方向に変化させる方法（カメラの回転による補正方法）、もしくは、 AB 間の距離だけ点 B から点 A の方向にカメラを平行移動させる方法（カメラの平行移動による補正方法）である。以下この2つの方法について夫々の処理のフローチャートを示す図7、8を用いて説明する。

【0015】

<1 カメラの回転による補正方法>

上述の設定からベクトル v_1 、 v_2 の夫々の成分は以下のようになる（ステップ $S701$ ）。

【0016】

$$v_1 = (X_q - w/2, Y_q - h/2, -d)$$

$$v_2 = (X_p - w/2, Y_p - h/2, -d)$$

ここで夫々のベクトルを大きさ1のベクトルに正規化する（ステップ $S702$ ）。ここで $|v|$ は v の大きさを表す。

【0017】

$$v_{n1} = v_1 / |v_1|$$

$$v_{n2} = v_2 / |v_2|$$

ここでカメラを回転させる場合、その回転軸はベクトル v_1 、 v_2 がなす平面と直交し、カメラ視点位置（点 C ）を通る直線となる。この回転軸の方向ベクトルはベクトル v_1 、 v_2 の外積により求めることができる（実際にはベクトル v_1 、 v_2 を正規化したものを用いる）（ステップ $S703$ ）。

【0018】

$$v_x = v_{n1} \times v_{n2}$$

$v \times$ は回転軸の方向ベクトルであって、その成分を (l, m, n) とする。また回転角 θ はベクトル v_1, v_2 のなす角なので、以下のようにして求めることができる（実際にはベクトル v_1, v_2 を正規化したものを用いる）（ステップ S 7 0 4）。

【0 0 1 9】

$$\theta = \arccos(v_{n1} \cdot v_{n2})$$

よって、カメラの回転による補正に用いる補正行列 ΔM_c は以下のように計算される（ステップ S 7 0 5）。

【0 0 2 0】

【数 1】

$$\Delta M_c = \begin{bmatrix} ll(1-\cos\theta)+\cos\theta & ml(1-\cos\theta)-n\sin\theta & nl(1-\cos\theta)+m\sin\theta & 0 \\ lm(1-\cos\theta)+n\sin\theta & mm(1-\cos\theta)+\cos\theta & mn(1-\cos\theta)-l\sin\theta & 0 \\ ln(1-\cos\theta)-m\sin\theta & mn(1-\cos\theta)+l\sin\theta & nn(1-\cos\theta)+\cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0 0 2 1】

この補正行列 ΔM_c をカメラの位置姿勢を示す行列（ビューイング変換行列）にかけることでカメラの位置姿勢（外部パラメータ）は補正される。つまり点 P が点 Q の位置に表示され、撮像面上におけるランドマークの予測される位置と実際の位置とが一致する。

【0 0 2 2】

< 2 カメラの平行移動による補正方法 >

カメラの平行移動により誤差を補正する場合、上述の通りカメラの位置を A B 間の距離だけ点 B から点 A の方向に平行移動させればよい。その結果撮像面上では点 P の位置に見えていたものが点 Q の位置に見ることができる。まずベクトル v_1, v_2 を求めておく（ステップ S 8 0 1）。また点 P から点 Q へのベクトル v_m は以下ようになる（ステップ S 8 0 2）。

【0 0 2 3】

$$v_m = v_1 - v_2$$

ここで点 C から点 A へのベクトルを v_a とすると（ステップ S 8 0 3）、三角形 C P Q と三角形 C A B が相似形であることから、点 A から点 B へのベクトル v

3 を以下のようにして求めることができる（ステップ S 8 0 4）。

【 0 0 2 4 】

$$v_3 = |v_a| / |v_2| \times v_m$$

このずれ（ $|v_3|$ ）がカメラ空間におけるランドマークの位置のずれに相当するので、 $v_3 = (s, t, u)$ とおくと、カメラの平行移動に用いる補正行列 ΔM_c は以下のようにして計算される（ステップ S 8 0 5）。

【 0 0 2 5 】

【数 2】

$$\Delta M_c = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -s \\ 0 & 1 & 0 & -t \\ 0 & 0 & 1 & -u \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【 0 0 2 6 】

この補正行列 ΔM_c をカメラの位置姿勢を示す行列にかけることでカメラの位置姿勢（外部パラメータ）は補正され、その結果撮像面上では点 P の位置に見えていたものが点 Q の位置に見ることができる。

【 0 0 2 7 】

<本実施形態における方法>

上述の<従来の方法>では、注目ランドマーク近傍に対してのみ上述の誤差は少なくなるが、その他のランドマーク近傍においてはその誤差は大きい場合がある。よって本実施形態ではカメラの視野に含まれる全てのランドマークに対してずれ検出を行い、平均的に利用する。

【 0 0 2 8 】

図 2 は本実施形態における補正方法を説明する模式図である。点 P 1, P 2, P 3 はカメラの位置姿勢に基づいて予測される夫々のランドマークの撮像面上での位置を示し、Q 1, Q 2, Q 3 は夫々のランドマークの実際の位置を撮像面上に投影した位置を示す。本実施形態では P 1, P 2, P 3 の代表点（P a v）及び Q 1, Q 2, Q 3 の代表点 Q a v を生成し、この代表点 P a v が Q a v に一致するようにカメラの回転、もしくは平行移動を行う。もしくは、P 1, P 2, P 3 の点群が夫々 Q 1, Q 2, Q 3 へ平均的に一致するようにカメラの回転、もし

くは平行移動を行う。

【0029】

＜方法1＞

以下、方法1の処理のフローチャートを示す図9を用いて説明する。カメラの位置姿勢に基づいて予測される夫々のランドマークの撮像面上での位置を示す変数を P_i ($1 \leq i \leq n$)、夫々のランドマークの実際の位置を撮像面上に投影した位置を示す変数を Q_i ($1 \leq i \leq n$)とした場合、代表点 P_{av} として全ての点 P_i の平均値を用いる（ステップS901）。

【0030】

$$P_{av} = (X_{p_av}, Y_{p_av})$$

$$P_i = (X_{pi}, Y_{pi})$$

$$X_{p_av} = (X_{p1} + X_{p2} + \dots + X_{pn}) / n$$

$$Y_{p_av} = (Y_{p1} + Y_{p2} + \dots + Y_{pn}) / n$$

同様に代表点 Q_{av} としては全ての点 Q_i の平均値を用いる。

【0031】

$$Q_{av} = (X_{q_av}, Y_{q_av})$$

$$Q_i = (X_{qi}, Y_{qi})$$

$$X_{q_av} = (X_{q1} + X_{q2} + \dots + X_{qn}) / n$$

$$Y_{q_av} = (Y_{q1} + Y_{q2} + \dots + Y_{qn}) / n$$

そして求めた代表点 P_{av} 、 Q_{av} を夫々図1における点P、Qとして上述のカメラの回転による補正方法（図7に示したフローチャート）又は、カメラの平行移動による補正方法（図8に示したフローチャート）を実行し（ステップS902）、補正行列 ΔM_c を生成する。

【0032】

なおカメラの平行移動による補正の場合（図8に示したフローチャートに従った処理を実行する場合）、カメラの位置姿勢に基づいて予測される夫々のランドマークの位置を示す点（図1では点A）群の代表点（平均値）を求める。なおこの処理はステップS901において行う。そして図1における点Aとして用いる。

【0033】

＜方法2＞

カメラの位置姿勢に基づいて予測される夫々のランドマークの撮像面上での位置を示す変数を P_i ($1 \leq i \leq n$)、夫々のランドマークの実際の位置を撮像面上に投影した位置を示す変数を Q_i ($1 \leq i \leq n$)とした場合、代表点 P_{av} として全ての点 P_i の重み付け平均値を用いる。

【0034】

$$P_{av} = (X_{p_av}, Y_{p_av})$$

$$P_i = (X_{pi}, Y_{pi})$$

$$X_{p_av} = w_1 \times X_{p1} + w_2 \times X_{p2} + \dots + w_n \times X_{pn}$$

$$Y_{p_av} = w_1 \times Y_{p1} + w_2 \times Y_{p2} + \dots + w_n \times Y_{pn}$$

$$\text{但し、} w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$$

この重み付け係数 w_i ($1 \leq i \leq n$)は本実施形態では撮像面の中心に近いほど大きい係数値とする。なおこの他にも例えば注目領域内に対してのみ数値を与えて、注目領域外の重み付け係数 w_i は0としてもよい。

【0035】

同様に代表点 Q_{av} としては全ての点 Q_i の重み付け平均値を用いる。

【0036】

$$Q_{av} = (X_{q_av}, Y_{q_av})$$

$$Q_i = (X_{qi}, Y_{qi})$$

$$X_{q_av} = w_1 \times X_{q1} + w_2 \times X_{q2} + \dots + w_n \times X_{qn}$$

$$Y_{q_av} = w_1 \times Y_{q1} + w_2 \times Y_{q2} + \dots + w_n \times Y_{qn}$$

$$\text{但し、} w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$$

そして求めた代表点 P_{av} 、 Q_{av} を夫々図1における点P、Qとして上述の方法を用いてカメラの回転による補正、又はカメラの平行移動による補正を行う。

【0037】

なお＜方法2＞における処理のフローチャートは図9に示したフローチャートにおいて、ステップS901での平均計算を行う処理を、上述の重み付け平均計

算を行う処理に変更したフローチャートとなる。

【0038】

なおカメラの平行移動による補正の場合、カメラの位置姿勢に基づいて予測される夫々のランドマークの位置を示す点（図1では点A）群の代表点（重み付け平均値）を求める。なおこの処理はステップS901において行う。そして、図1における点Aとして用いる。

【0039】

<方法3>

方法1, 2ではカメラの位置姿勢に基づいて予測される夫々のランドマークの撮像面上での位置から代表点 P_{av} を一つ求め、また夫々のランドマークの実際の位置を撮像面上に投影した位置から代表点 Q_{av} を一つ求めることで、上述の1つのランドマークを用いての補正方法を用いていた。これらの方法は以下に示す方法に比べて計算コストが低く、効率の良い方法であるが、例えば奥行き方向の距離が著しく違う2つのランドマークに対して用いると平均化されてしまうので、不具合が生じる。

【0040】

<方法3>ではカメラの回転による補正方法を示すが、その際に代表点を求めずに、上述のカメラの回転による補正方法を用いて夫々のランドマークに対するカメラの回転角、回転軸の方向ベクトルを求め、夫々を平均的に用いる。以下図10に示す<方法3>の処理のフローチャートを用いて説明する。

【0041】

カメラの位置姿勢に基づいて予測される夫々のランドマークの撮像面上での位置を示す変数を P_i ($1 \leq i \leq n$)、夫々のランドマークの実際の位置を撮像面上に投影した位置を示す変数を Q_i ($1 \leq i \leq n$) とする。

【0042】

まず各 P_i , Q_i を用いて上述のカメラの回転による補正方法と同様の方法を用いて、回転軸の直線の方向ベクトル v_{xi} ($1 \leq i \leq n$) を求め（ステップS1001～S1003）、全ての v_{xi} の平均値 v_{x_av} を求める（ステップS1004）。

【0043】

$$v x_a v = (v x 1 + v x 2 + , , , + v x n) / n$$

$v x_a v$ を求める方法を説明する図である図3に示すとおり、この $v x_a v$ はすべての P_i 、 Q_i を反映した平均的な回転軸の直線の方方向ベクトルとなる。

【0044】

次にこの回転軸（ $v x_a v$ を方向ベクトルとする直線）周りに回転するための回転角を求める。まず点Cから点 Q_i に対するベクトル $v 1_i$ と $v x_a v$ を通る平面 S_i を求める（ステップS1006）。そして点Cから点 P_i に対するベクトル $v 2_i$ をこの平面 S_i に射影したベクトル $v 4_i$ を求める（ステップS1007）。図4に以上の各処理により算出されるベクトル $v 4_i$ の生成方法の模式図を示す。同図においてカメラが回転することで点 P_i が点 Q_i に一致させる際の回転角は θ_i であって、回転角 θ_i はベクトル $v 2_i$ 、 $v 4_i$ により以下の式で求めることができる（ステップS1008）。

【0045】

$$v 2_{ni} = v 2_i / |v 2_i|$$

$$v 4_{ni} = v 4_i / |v 4_i|$$

$$\theta_i = \arccos (v 2_{ni} \cdot v 4_{ni})$$

そして全ての回転角 θ_i の平均値 θ_{mean} を計算する（ステップS1010）。

【0046】

$$\theta_{mean} = (\theta_1 + \theta_2 + , , , + \theta_n) / n$$

その結果 $v x_a v$ を方向ベクトルとする回転軸周りに回転角 θ_{mean} だけカメラを回転させることで、撮像面上の全 P_i 、 Q_i を反映したカメラの回転を行うことができる。以上の計算の結果、 $v x_a v$ 、 θ_{mean} を用いて補正行列 ΔM_c を求める（ステップS1011）。 $v x_a v = (l', m', n')$ とすると、補正行列 ΔM_c は以下の式で表される。

【0047】

【数 3】

$$\Delta M_c = \begin{bmatrix} l'l'(1-\cos\theta_{mean})+\cos\theta_{mean} & m'l'(1-\cos\theta_{mean})-n'\sin\theta_{mean} & n'l'(1-\cos\theta_{mean})+m'\sin\theta_{mean} & 0 \\ l'm'(1-\cos\theta_{mean})+n'\sin\theta_{mean} & m'm'(1-\cos\theta_{mean})+\cos\theta_{mean} & n'm'(1-\cos\theta_{mean})-l'\sin\theta_{mean} & 0 \\ l'n'(1-\cos\theta_{mean})-m'\sin\theta_{mean} & m'n'(1-\cos\theta_{mean})+l'\sin\theta_{mean} & n'n'(1-\cos\theta_{mean})+\cos\theta_{mean} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0048】

この補正行列 ΔM_c をカメラの位置姿勢を示す行列にかけることでカメラの位置姿勢（外部パラメータ）は補正される。つまり撮像面上の各点 P_i が平均的に各点 Q_i の位置に表示され、ランドマークの予測される位置と実際の位置とが平均的に一致する。この方法により撮像面上の全てのランドマークの位置情報を反映して補正行列を生成することができると共に、生成された補正行列により変換される座標系の直交性を保つことができる。

【0049】

<方法4>

方法3では v_{x_av} 、 θ_{mean} を求める際、夫々 v_{xi} 、 θ_i の平均を計算することで求めたが、方法4では重み付け平均を計算することで求める。すなわち、以下の式により求める。

【0050】

$$v_{x_av} = w_1 \times v_{x1} + w_2 \times v_{x2} + \dots + w_n \times v_{xn}$$

$$\theta_{mean} = w_1 \times \theta_1 + w_2 \times \theta_2 + \dots + w_n \times \theta_n$$

$$\text{但し、} w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$$

それ以外の方法は方法3と同じ方法である。なお<方法4>における処理のフローチャートは図10に示したフローチャートにおいて、ステップS1004、ステップS1010における平均計算を上述の重み付け平均計算に置き換えた処理のフローチャートである。

【0051】

<方法5>

方法1、2ではカメラの位置姿勢に基づいて予測される夫々のランドマークの

撮像面上での位置から代表点 P_{av} を一つ求め、また夫々のランドマークの実際の位置を撮像面上に投影した位置から代表点 Q_{av} を一つ求めることで、上述の1つのランドマークを用いての補正方法を用いていた。方法5ではカメラの平行移動による補正方法を示すが、その際に代表点を求めずに、上述のカメラの平行移動による補正方法を用いて夫々のランドマークに対するカメラの平行移動成分を求め、夫々を平均的に用いる。以下図11に示す〈方法5〉の処理のフローチャートを用いて説明する。

【0052】

カメラの位置姿勢に基づいて予測される夫々のランドマークの撮像面上での位置を示す変数を P_i ($1 \leq i \leq n$)、夫々のランドマークの実際の位置を撮像面上に投影した位置を示す変数を Q_i ($1 \leq i \leq n$) とした場合、まず上述のカメラの平行移動による補正方法を用いて、各 P_i 、 Q_i に対するベクトル $v_{3i} = (s_i, t_i, u_i)$ を求める（ステップS1101～S1103）。そして各 P_i 、 Q_i に対するベクトル v_{3i} の平均値を求める（ステップS1104）。

【0053】

$$s_{mean} = (s_1 + s_2 + \dots + s_n) / n$$

$$t_{mean} = (t_1 + t_2 + \dots + t_n) / n$$

$$u_{mean} = (u_1 + u_2 + \dots + u_n) / n$$

そして s_{mean} 、 t_{mean} 、 u_{mean} を用いて補正行列を以下のようにして求める（ステップS1105）。

【0054】

【数4】

$$\Delta M_c = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -s_{mean} \\ 0 & 1 & 0 & -t_{mean} \\ 0 & 0 & 1 & -u_{mean} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0055】

〈方法6〉

方法5ではカメラの平行移動成分を求める際、ベクトル v_{3i} の平均値を用いていたが、方法6では重み付け平均値を用いる。この重み付け平均値は以下のよ

うにして求める。

【0056】

$$s_{w_mean} = (w_1 \times s_1 + w_2 \times s_2 + \dots + w_n \times s_n) / n$$

$$t_{w_mean} = (w_1 \times t_1 + w_2 \times t_2 + \dots + w_n \times t_n) / n$$

$$u_{w_mean} = (w_1 \times u_1 + w_2 \times u_2 + \dots + w_n \times u_n) / n$$

但し、 $w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$

そして s_{w_mean} 、 t_{w_mean} 、 u_{w_mean} を用いて補正行列を以下のようにして求める。

【0057】

【数5】

$$\Delta M_C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -s_{w_mean} \\ 0 & 1 & 0 & -t_{w_mean} \\ 0 & 0 & 1 & -u_{w_mean} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0058】

なお＜方法6＞における処理のフローチャートは図11に示したフローチャートにおいて、ステップS1104における平均計算を上述の重み付け平均計算に置き換えた処理のフローチャートである。

【0059】

＜方法7＞

方法1から6までの方法はいずれの場合も、回転による補正行列または平行移動による補正行列のいずれかのみを算出する方法であって、回転と平行移動の双方の成分を同時に持つ補正行列は得られない。そこで回転による補正行列の算出と、平行移動による補正行列の算出を両方行い、それらを組み合わせた補正行列を算出する方法とするのが方法7である。

【0060】

これはまず、いずれかの方法で回転による補正行列を求める。次に、得られた補正行列にて、カメラの位置姿勢を補正し現実空間中のランドマークの撮像面上へ位置を計算し直す。これで得られる予測位置を基にして、新たに平行移動によ

る補正行列をいずれかの方法にて求めるという方法である。この方法は、平行移動による補正を先に行い、後から回転による補正を行ってもよい。

【 0 0 6 1 】

また、上述のように回転による補正と平行移動による補正をおのおの1回ずつ行うだけではなく、複数回交互に繰り返してもよい。

【 0 0 6 2 】

さらには、複数回繰り返す際に予め定めた回数繰り返すだけではなく、カメラ位置姿勢から予測した撮像面上でのランドマークの予測位置と実際に撮像して得られた位置との間の誤差を基にして繰り返しの判定を行ってもよい。これは誤差が一定閾値以下になったかどうかを判定する方法でもよいし、誤差の変化分が一定値以下になったかどうかを判定する方法でもよいし、それらの組み合わせでもよい。

【 0 0 6 3 】

<補正処理装置>

図5に本実施形態における上述の補正処理を行う補正処理装置の概略構成を示す。501はヘッドマウントディスプレイ（以下HMD）で、HMD501の3次元空間における位置姿勢に基づいた信号を後述の位置姿勢計測部502に出力する3次元位置姿勢センサ501a、現実空間の撮像を行うカメラ501b、HMD501を頭部に装着したユーザに対して映像を提供する表示部501cにより構成されている。なお本実施形態におけるHMD501はビデオシースルーのタイプのものであり、ここでHMD501の位置姿勢とは、カメラ501bの位置姿勢を表すものとする。

【 0 0 6 4 】

502は位置姿勢計測部で、3次元位置姿勢センサ501aから出力された信号に基づいてHMD501の位置姿勢を示す行列（ビューイング変換行列）を生成する。503はランドマーク検出部で、カメラ501bにより撮像された映像からランドマークを検出すると共に、ランドマークの位置も検出する。検出の方法はここでは特には限らないが、例えばランドマークとして、予め特定の色を配色したマーカを用い、カメラ501bにより撮像された映像中でこの特定の色を

検出することで、映像中におけるランドマーク及びその位置を検出することができる。

【0065】

504は位置姿勢補正部で、ランドマーク検出部503から出力された各ランドマークの位置情報に基づいて上述の方法（＜方法1＞から＜方法7＞のいずれか）を用いて補正行列を算出し、位置姿勢計測部502から出力されたHMD501の位置姿勢を示す行列に掛け、HMD501の位置姿勢（外部パラメータ）を補正する。505は画像生成部で、位置姿勢補正部504により補正された行列に基づいて仮想物体の映像を生成し、カメラ501bから入力される現実空間の映像と合成し、複合現実映像（画像）を生成する。なお仮想物体に関するデータは外部のメモリに格納されているものとする。生成された画像は表示部501cに出力する。

【0066】

以上の構成を有する補正処理装置が行うメインの処理のフローチャートを図6に示し、以下説明する。なお同図に従った各処理は上述したとおりなのでここでは詳細な説明は省く。また同図のフローチャートに従ったプログラムコードは本実施形態における補正処理装置内の不図示のRAMやROMなどのメモリに格納され、不図示のCPUにより読み出され、実行される。

【0067】

まず3次元位置姿勢センサ501aからHMD501の位置姿勢を示す信号が位置姿勢計測部502に入力され（ステップS601）、位置姿勢計測部502は入力した信号に基づいてHMD501の位置姿勢を示すビューイング変換行列を生成する（ステップS602）。一方、現実空間の映像がカメラ501bにより撮像され（ステップS603）、撮像された映像はランドマーク検出部503に入力され、ランドマーク及びその位置が検出される（ステップS604）。位置姿勢補正部504は検出されたランドマークの位置を用いて上述の方法（＜方法1＞から＜方法7＞のいずれか）により補正行列 ΔM_c を生成する（ステップS605）。

【0068】

以上の各処理により生成されたHMD 5 0 1の位置姿勢を示すビューイング変換行列、及び補正行列 ΔM_c を用いて位置姿勢補正部 5 0 4 はHMD 5 0 1の位置姿勢を補正し（ステップS 6 0 6）、補正したHMD 5 0 1の位置姿勢を示す外部パラメータに基づいて画像生成部 5 0 5 は仮想物体の映像を生成し、複合現実感映像を生成する（ステップS 6 0 7）。そして生成された複合現実感映像は表示部 1 0 1 aに出力され（ステップS 6 0 8）、表示部 1 0 1 aに表示される（ステップS 6 0 9）。

【0 0 6 9】

以上の説明により、本実施形態における補正処理装置及びその方法によれば、3次元位置姿勢センサ 5 0 1 aによるHMD 5 0 1の位置姿勢の計測精度が不十分でもHMD 5 0 1の位置姿勢を補正することができる。

【0 0 7 0】

またHMD 5 0 1内のカメラ 5 0 2 bにより撮像された現実空間の映像にHMD 5 0 1の位置姿勢に基づいて生成された仮想物体の映像を合成しても位置のずれを防ぐことができる。

【0 0 7 1】

また、撮像面上の全てのランドマークを用いてHMD 5 0 1の位置姿勢の補正を行っているので、カメラの視野範囲の変更による補正值の大きな変更を防ぐことができる。

【0 0 7 2】

〔他の実施形態〕

本発明の目的は、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体（または記録媒体）を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成されることは言うまでもない。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施形態の機能が実現さ

れるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているオペレーティングシステム(OS)などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0073】

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張カードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張カードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0074】

本発明を上記記憶媒体に適用する場合、その記憶媒体には、先に説明した図6に示したフローチャート及び、＜方法1＞乃至＜方法6＞で説明した夫々のフローチャートのうち少なくとも一つのフローチャートに対応するプログラムコードが格納されることになる。

【0075】

【発明の効果】

以上の説明した通り本発明によれば、撮像されたランドマークを反映して特にカメラの位置姿勢を示すパラメータの補正を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

従来の補正方法を説明する模式図である。

【図2】

本発明の第1の実施形態における補正方法を説明する模式図である。

【図3】

$v \times a$ を求める方法を説明する図である。

【図4】

ベクトル v_4 を示す模式図である。

【図 5】

本発明の第 1 の実施形態における補正処理装置の概略構成を示す図である。

【図 6】

本発明の第 1 の実施形態における補正処理装置が行うメインの処理のフローチャートである。

【図 7】

従来の補正方法において、カメラの回転による補正方法のフローチャートである。

【図 8】

従来の補正方法において、カメラの平行移動による補正方法のフローチャートである。

【図 9】

＜方法 1＞の処理を示すフローチャートである。

【図 1 0】

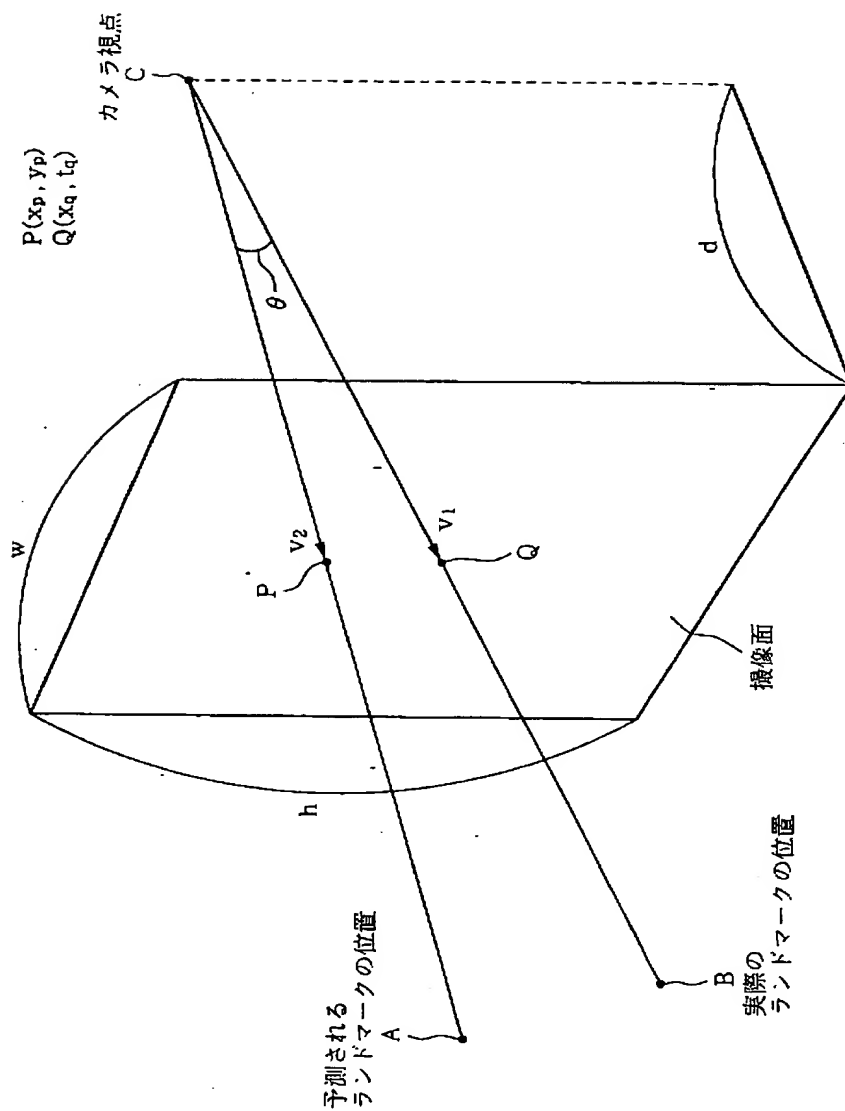
＜方法 3＞の処理を示すフローチャートである。

【図 1 1】

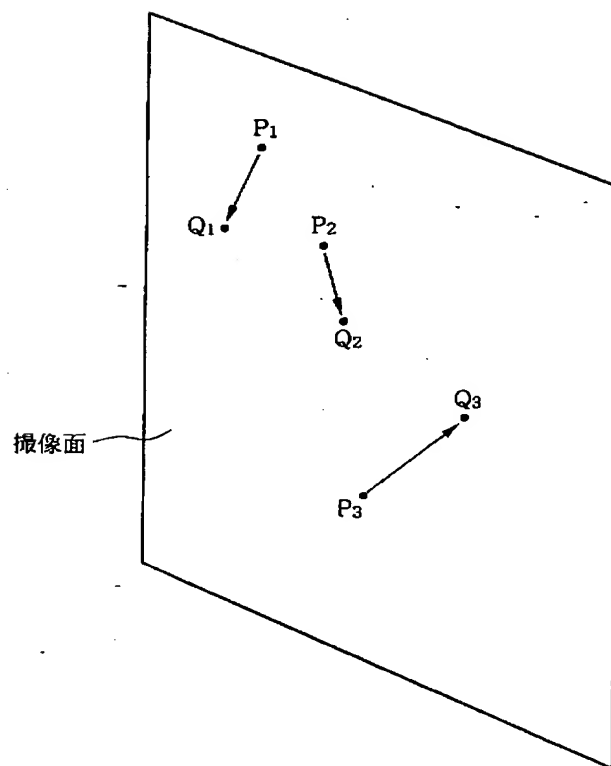
＜方法 5＞の処理を示すフローチャートである。

【書類名】 図面

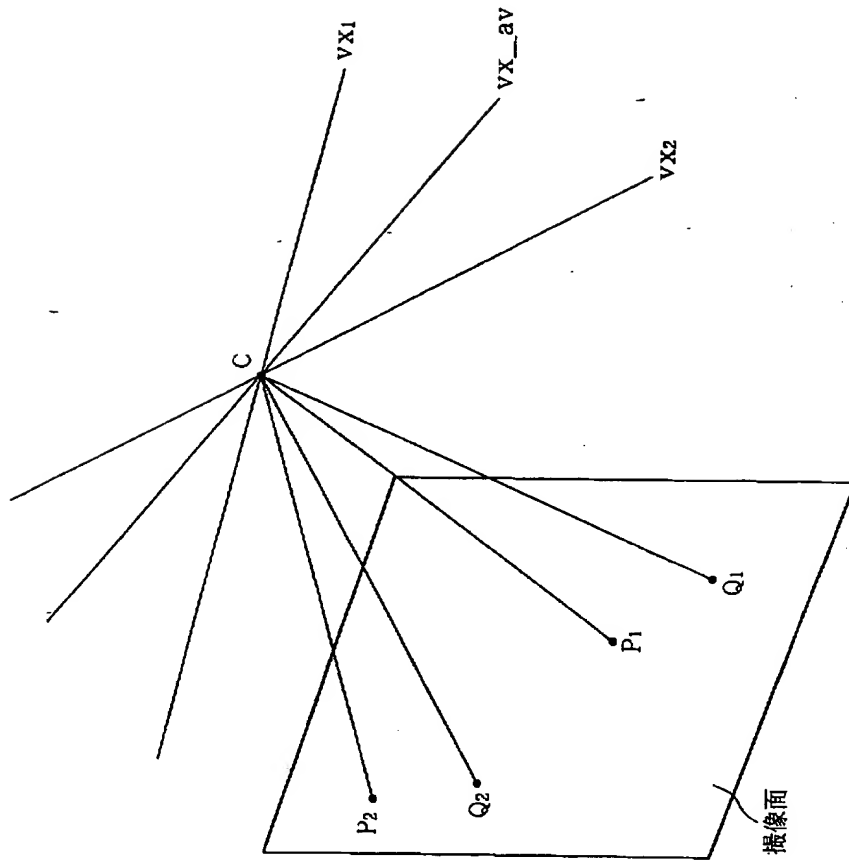
【図 1】



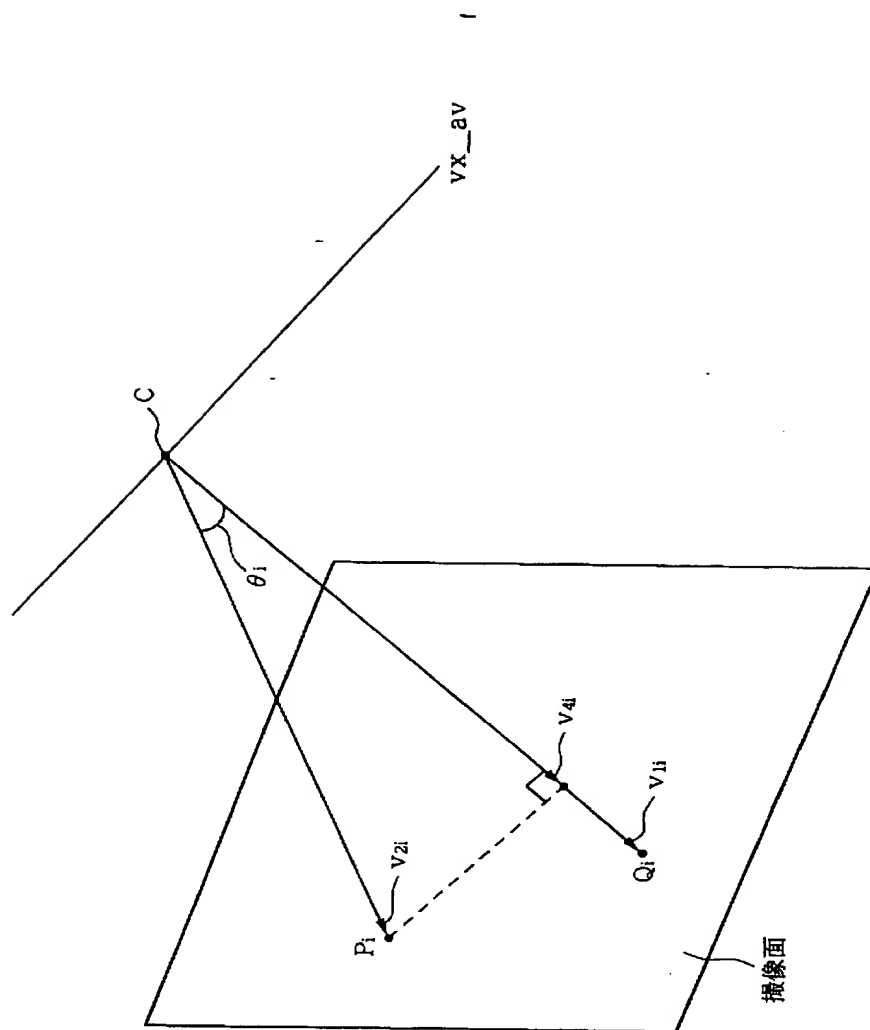
【図 2】



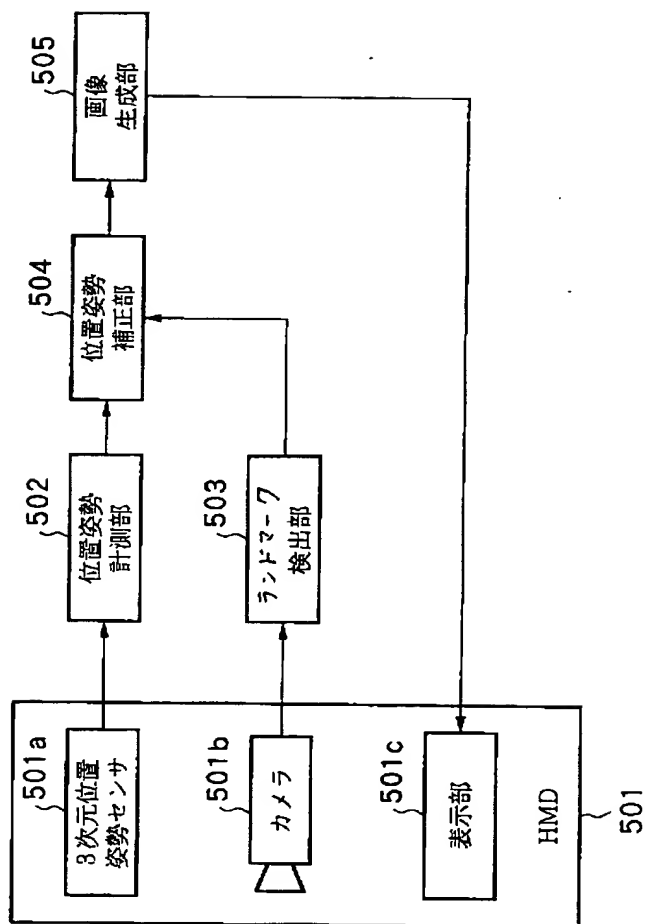
【図3】



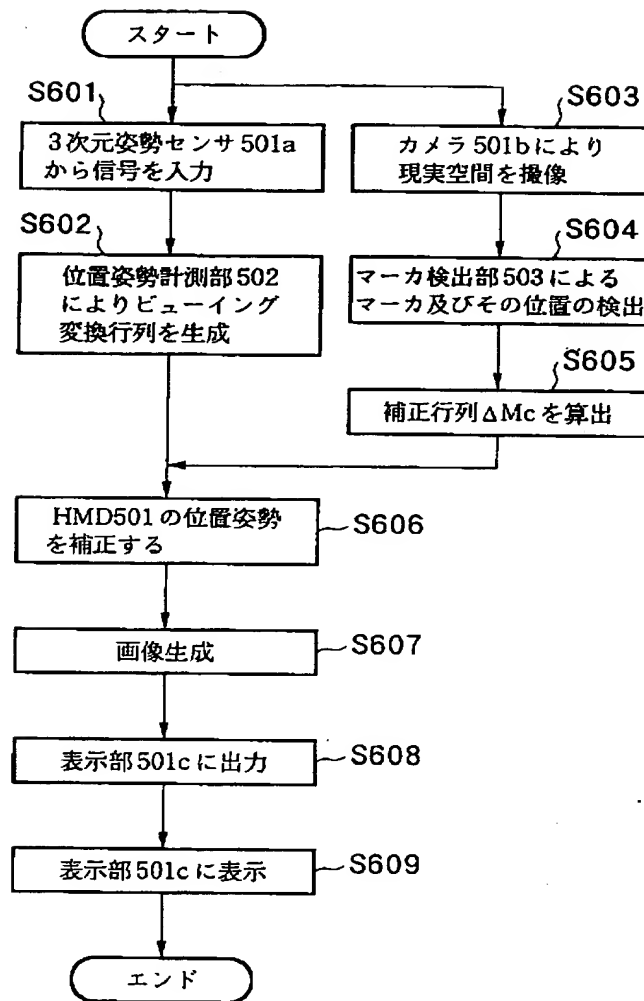
【図4】



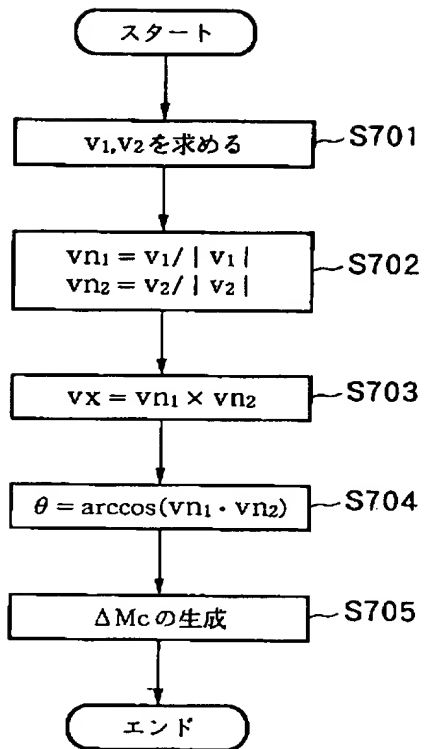
【図5】



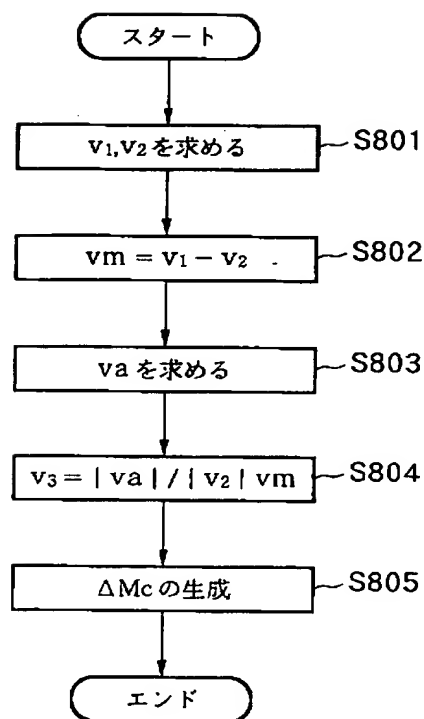
【図 6】



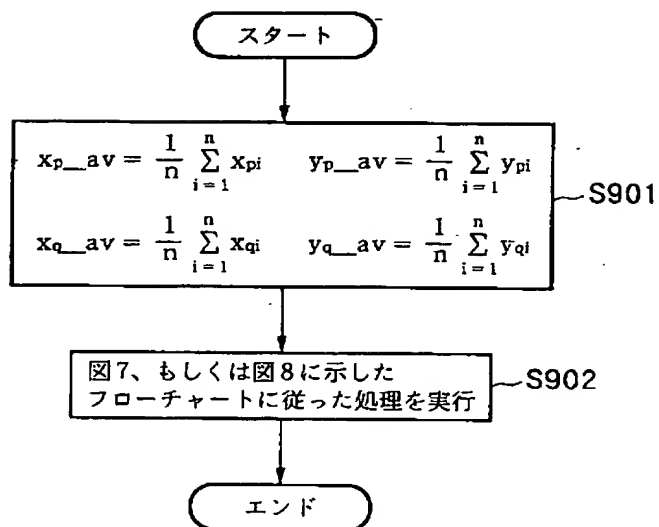
【図 7】



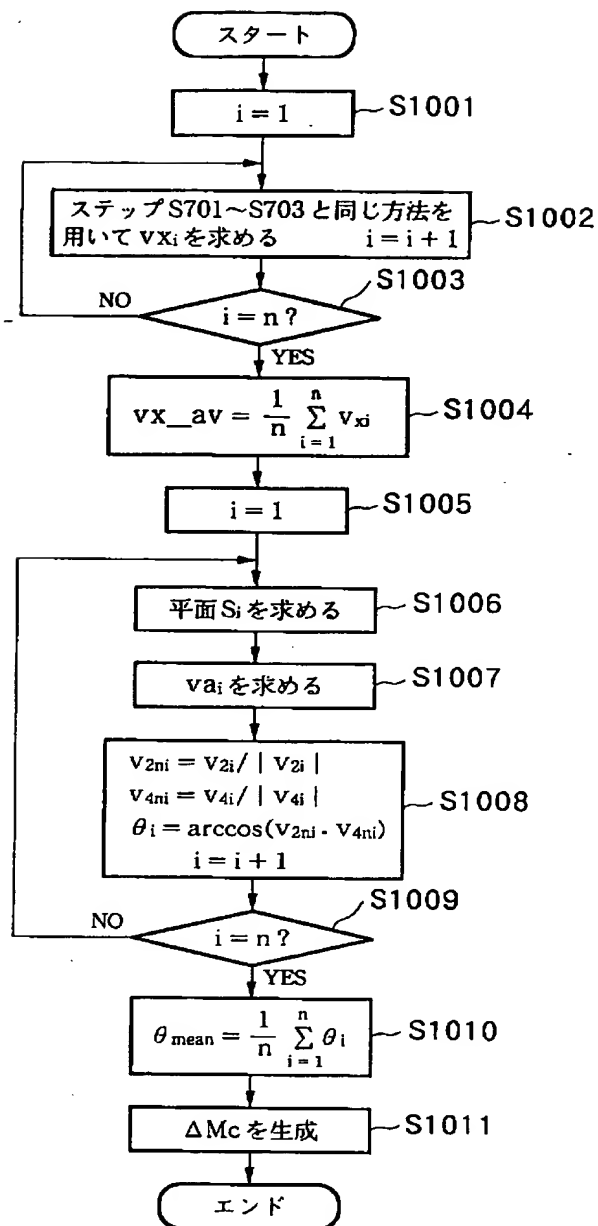
【図 8】



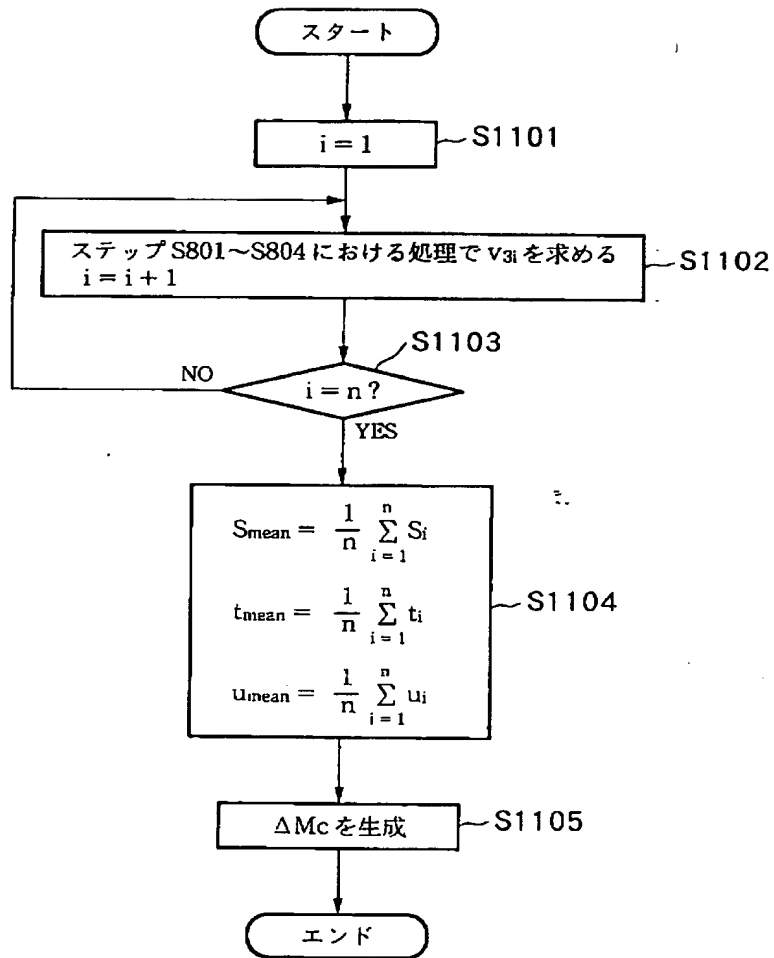
【図 9】



【図10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 撮像されたランドマークを反映して特にカメラの位置姿勢を示すパラメータの補正を行うこと。

【解決手段】 HMDの位置姿勢を示す信号に基づいてHMDの位置姿勢を示すビューイング変換行列を生成する（S 6 0 2）。一方、撮像された映像に基づいてランドマーク及びその位置を検出し（S 6 0 4）、検出したランドマークの位置を用いて補正行列 ΔM_c を生成する（S 6 0 5）。以上の各処理により生成したビューイング変換行列、及び補正行列 ΔM_c を用いてHMDの位置姿勢を補正し（S 6 0 6）、補正したHMDの位置姿勢を示す外部パラメータに基づいて仮想物体の映像を生成し、複合現実感映像を生成する（S 6 0 7）。生成した複合現実感映像は表示部に表示される（S 6 0 9）。

【選択図】 図 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 9 7 0 2 4 2 2 5]

1. 変更年月日 1 9 9 7 年 5 月 7 日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県横浜市西区花咲町 6 丁目 1 4 5 番地

氏 名 株式会社エム・アール・システム研究所